

Kalibrierbare Mikrowellen-Schaltung mit beleuchtbaren  
GaAs-FET sowie Kalibriervorrichtung und Verfahren zur  
Kalibrierung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Mikrowellen-Schaltung mit elektronischen Schaltbauteilen mit Feldeffekt-Transistoren auf einer Substratbasis aus Gallium-Arsenid. Die Mikrowellen-Schaltung kann insbesondere aber nicht ausschließlich als stufenweise Dämpfungsschaltung zum
- 10 schnellen Schalten hochfrequenter Signale ausgebildet sein. Die Schaltbauteile bzw. die GaAs-FET sind durch eine Lichtquelle beleuchtbar, wobei das dabei auf die Feldeffekt-Transistoren auftreffende Licht insbesondere die Schaltzeiten der Feldeffekt-Transistoren bzw. der
- 15 elektronischen Schaltbauteile wesentlich verkürzt.

Feldeffekt-Transistoren lassen sich bekanntermaßen sehr leicht auf einem Halbleiterchip realisieren. Darüber hinaus benötigen sie nur sehr wenig Steuerleistung. Eine

20 Belichtung von Feldeffekt-Transistoren auf Gallium-Arsenid-Basis, insbesondere von MESFET, hat zu Folge, daß Störstellen, welche an den Halbleitergrenzflächen insbesondere unterhalb der Gate-Elektrode auftreten und negativen Einfluß auf die Schaltzeiten der Feldeffekt-

25 Transistoren haben, schneller umgeladen werden. Der negative Einfluß der Störstellen ist bei MESFET-Bauelementen als Gate-Lag-Effekt bekannt und wird als äußerst langsame Änderung des Bahnwiderstandes meßbar. Ursache ist die langsame Auf- bzw. Entladung der

30 Oberflächenstörstellen der Source-Gate-Strecke und der Gate-Drain-Strecke. Durch die Beleuchtung der Feldeffekt-Transistoren werden Elektronen-Loch-Paare erzeugt, welche die in den Störstellen gefangenen Ladungen neutralisieren. Durch die Beleuchtung läßt sich der Gate-Lag-Effekt

35 unterdrücken und die Schaltzeit um den Faktor 10 - 100 verkürzen.

Hochfrequenz-Schaltungen, beispielsweise Mikrowellen-Schaltungen, die als Dämpfungsschaltungen ausgeführt sind,

werden z.B. in der Hochfrequenztechnik für Meßzwecke und zur Pegelregelung in Signalgeneratoren und Netzwerkanalysatoren eingesetzt. Um beispielsweise Meßreihen mit verschiedenen veränderlichen Parametern schnell durchfahren zu können, müssen die Dämpfungsschaltungen bzw. die in ihnen zum Einsatz kommenden Feldeffekt-Transistoren sehr schnell schalten können und einen großen Dynamikbereich aufweisen. Dabei werden insbesondere wegen ihrer ausgezeichneten Hochfrequenztauglichkeit und ihrer sehr geringen Schaltzeiten Schaltungen mit Feldeffekt-Transistoren auf Galium-Arsenid-Basis verwendet, die in neueren Schaltungsanordnungen insbesondere zur weiteren Schaltzeitverkürzung zudem beleuchtbar sind.

Beispielsweise ist aus der DE 102 28 810 A1 eine solche gattungsgemäße Mikrowellen-Schaltung bekannt. Das dort offenbarte digital ansteuerbare Dämpfungsglied ist mit Feldeffekt-Transistoren als Schaltelementen aufgebaut, die durch eine Lichtquelle, beispielsweise eine LED beleuchtbar sind. Die Lichtquellen werden ungeregelt betrieben und unabhängig von anderen die Schaltzeit der Feldeffekt-Transistoren beeinflussenden Größen angesteuert, so daß insbesondere die Lichtstärke und die Lichtfarbe bzw. die Strahlungsenergie im Betrieb des Dämpfungsglieds nicht veränderbar sind.

Nachteilig bei der aus der DE 102 28 810 A1 hervorgehenden elektronischen Mikrowellen-Schaltung mit beleuchtbaren Feldeffekt-Transistoren auf einer Subtratsbasis aus Galium-Arsenid ist, daß die Schaltzeiten der Feldeffekt-Transistoren abhängig von die Feldeffekt-Transistoren beeinflussenden Größen, wie z.B. Temperatur, Signalspannung und Steuerspannung, im Betrieb stark schwanken.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Mikrowellen-Schaltung mit kurzer, konstanter und reproduzierbarer Schaltzeit und eine entsprechende

Kalibriervorrichtung und ein entsprechendes Kalibrierverfahren zu schaffen.

Die Aufgabe wird bezüglich der Mikrowellen-Schaltung durch die Merkmale des Anspruchs 1, bezüglich der Kalibriervorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 12 und bezüglich des Kalibrierverfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 14 gelöst.

Die vorliegende Erfindung hat den Vorteil, daß die Mikrowellen-Schaltung mit beleuchtbaren Feldeffekt-Transistoren die Schaltzeiten der Feldeffekt-Transistoren mit geringem Aufwand besonders kurz und konstant halten kann und so die Schaltzeiten in Abhängigkeit von Betriebsparametern vorhersagbar sind. Außerdem wird der Leistungsbedarf der Lichtquellen und die Wärmewirkung der Lichtquelle auf die Feldeffekt-Transistoren minimiert.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Mikrowellen-Schaltung so ausgebildet, daß die Lichtquelle abwechselnd oder gleichzeitig in unterschiedlichen Farben leuchten kann und so Farbkombinationen erzeugt werden können, wobei die Lichtquelle z. B. in Rot, Gelb, Grün, Weiß, Blau, Ultraviolett und Infrarot leuchten bzw. leuchten kann.

Gemäß einer weiteren Weiterbildung der Erfindung weist die Mikrowellen-Schaltung eine Steuervorrichtung auf, welche die Lichtstärke und/oder die Lichtfarbe der Lichtquelle steuert oder regelt.

Vorteilhaft ist es außerdem, wenn die Steuervorrichtung die Lichtstärke und/oder die Lichtfarbe in Abhängigkeit von zumindest einer Meßgröße oder einer Kombination von Meßgrößen steuert oder regelt.

Durch die Messung und Verwendung der Meßergebnisse der Meßgrößen Polarität der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung mit der die Feldeffekt-Transistoren angesteuert werden, Höhe der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung mit der die Feldeffekt-Transistoren angesteuert werden, Temperatur der Feldeffekt-Transistoren, Pegel der Signalspannung und Höhe der Signalfrequenz kann die Lichtquelle durch die Steuervorrichtung besonders genau geregelt oder gesteuert werden.

In einer weiteren Weiterbildung steuert oder regelt die Steuervorrichtung die Lichtquelle in einer Weise, daß die Schaltzeiten der Feldeffekt-Transistoren über den gesamten Bereich der im Betrieb vorkommenden Werte der verwendeten Meßgrößen konstant bleibt, wobei die Schaltzeiten dabei minimiert sind.

Vorteilhafterweise weist die Steuervorrichtung einen Speicher auf, in dem die jeweils in Abhängigkeit der Werte der verwendeten Meßgrößen optimale Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der Lichtquelle für eine Mehrzahl von Werten der Meßgrößen abgelegt ist, wobei die Steuervorrichtung die Lichtstärke und/oder die Lichtfarbe der jeweiligen Lichtquelle aufgrund der in dem Speicher abgelegten Werte der verwendeten Meßgrößen einstellt bzw. steuert oder regelt.

Vorteilhafterweise weist die erfindungsgemäße elektronische Mikrowellen-Schaltung zumindest einen Sensor im Bereich des jeweiligen Feldeffekt-Transistors bzw. des jeweiligen Halbleitersubstrats auf, welcher die Lichtstärke und/oder die Temperatur erfasst.

Die erfindungsgemäße Kalibriervorrichtung ist in der Lage, die Lichtfarbe und/oder Lichtstärke der Lichtquelle der Mikrowellen-Schaltung über einstellbare Wertebereiche der Meßgrößen zu kalibrieren, um die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe optimal einstellbar zu machen.

Vorteilhafterweise weist die Kalibriervorrichtung einen Steueranschluß zum Steuern einer Kühlung/Heizung zum Kühlen oder Erwärmen der Feldeffekt-Transistoren auf. Die Temperatur der Feldeffekt-Transistoren kann damit gesteuert werden und willkürlich verändert werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand einer schematischen Darstellungen an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Übereinstimmende Bauteile sind dabei mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 ein schematisch dargestelltes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel einer Mikrowellen-Schaltung und einer Kalibriervorrichtung.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Mikrowellen-Schaltung 1, welche an eine erfindungsgemäße Kalibriervorrichtung 20 angeschlossen ist.

Die Mikrowellen-Schaltung 1 ist im Ausführungsbeispiel als Dämpfungsschaltung ausgeführt. Im Betrieb der Mikrowellen-Schaltung 1, beispielsweise in einer nicht dargestellten Meßanordnung, werden an einem Eingang 9 anliegenden Eingangs-Hochfrequenz-Signale 16 einer Schaltungsanordnung mit GaAs-Feldeffekt-Schalttransistoren 15 und Dämpfungselementen zugeführt und dabei mit schnell umschaltbaren Dämpfungen beaufschlagt. Die Eingangs-Hochfrequenz-Signale 16 werden an einem Ausgang 10 mehr oder minder bedämpft als Ausgangs-Hochfrequenz-Signale 17 ausgegeben.

Die schematisch dargestellten Feldeffekt-Transistoren 15 sind auf einem Halbleiterchip 5 integriert und als Feldeffekt-Transistoren 15 auf einer Substratbasis aus Galium-Arsenid (GaAs) ausgebildet. Die GaAs-FET sind durch eine Lichtquelle 2, welche im Ausführungsbeispiel als Leuchtdiode ausgebildet ist, beleuchtbar. Die Lichtquelle

2 beleuchtet die GaAs-FET, welche auf mit einem nicht gesondert dargestellten transparenten eigenen Gehäuse versehenen Halbleiterchip 5 ausgebildet sind. Die Lichtquelle 2 ist im Ausführungsbeispiel nahe neben dem Halbleiterchip 5 dargestellt, kann aber ebenso über dem Halbleiterchip 5 angeordnet sein. Ebenso können GaAs-MESFET verwendet werden.

Die Mikrowellen-Schaltung 1 ist auf einem Träger 14, welcher beispielsweise eine Leiterplatte sein kann, aufgebaut. Auf dem Träger 14 befinden sich im Ausführungsbeispiel außerdem eine zur Mikrowellen-Schaltung 1 gehörende Gehäusekammer 12, ein Steueranschluß 11, eine Steuervorrichtung 6 und ein Sensor 8. Die Steuervorrichtung 6 weist zudem einen Speicher 7 und einen Digital/Analog-Wandler 13 auf. Im Betrieb der als Dämpfungsschaltung ausgebildeten Mikrowellen-Schaltung 1 werden die gewünschten Dämpfungswerte über den digitalen Steueranschluß 11 durch die Steuervorrichtung 6 ausgewählt und eingestellt.

Die Schaltzeiten der durch die Lichtquelle 2 beleuchtbaren Feldeffekt-Transistoren 15 sind von einer Reihe von Einflußgrößen abhängig. Insbesondere sind die Schaltzeiten abhängig von der Lichtstärke bzw. Beleuchtungsstärke mit der die Lichtquelle 2 die Feldeffekt-Transistoren 15 beaufschlagt, von der Lichtfarbe die die Lichtquelle 2 emittiert, von der Temperatur der Feldeffekt-Transistoren 15, von der Höhe der durch den jeweiligen Feldeffekt-Transistor 15 zu schaltenden Signalspannung gegenüber der Steuerspannung mit der der Feldeffekt-Transistor 15 angesteuert wird, wobei die Signalspannung abhängig ist von dem Eingangs-Hochfrequenz-Signal 16, von der Höhe der Signalfrequenz, welche im Ausführungsbeispiel der Frequenz des Eingangs-Hochfrequenz-Signals 16 entspricht, und von der Polarität der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung.

In den meisten Anwendungsfällen ist es wünschenswert, wenn die Schaltzeiten der Feldeffekt-Transistoren 15 und damit der Mikrowellen-Schaltung 1 über einen weiten Wertebereich der Einflußgrößen konstant bleibt. Da aber die Größen der  
5 Eingangs-Hochfrequenz-Signale naturgemäß schwanken, die Steuerspannung der Feldeffekt-Transistoren 15 aber nur in einem sehr engen Bereich frei gewählt werden können und die Temperatur der Feldeffekt-Transistoren nur mit sehr großem technischen Aufwand und nur sehr langsam angepaßt  
10 bzw. gesteuert oder geregelt werden kann, wird im erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel die Lichtstärke und/oder die Lichtfarbe der Lichtquelle 2 in Abhängigkeit einer Einflußgröße oder einer Kombination der verbleibenden Einflußgrößen, im folgenden Meßgrößen  
15 genannt, eingestellt bzw. gesteuert oder geregelt.

Die im Betrieb in Lichtfarbe und/oder Lichtstärke veränderbare Lichtquelle 2 wird im Ausführungsbeispiel über den Digital/Analog-Wandler 13 der Steuervorrichtung 6  
20 mit einem digitalen Signal angesteuert. Das digitale Signal steuert die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der Lichtquelle 2. Die Lichtquelle 2 kann dabei beispielsweise als zweifarbige LED ausgebildet sein, die in einer von zwei Farben oder in beiden gleichzeitig strahlen kann. Es  
25 kann auch eine stark im Ultraviolettbereich oder Infrarotbereich strahlende Lichtquelle 2 und/oder eine Laserdiode verwendet.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel stellt die  
30 Steuervorrichtung 6 die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der Lichtquelle 2 über den D/A-Wandler 13 in Abhängigkeit einer oder mehrerer der Einflußgrößen, z. B.

- Polarität der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung mit der die Feldeffekt-Transistoren 15  
35 angesteuert werden,
- Höhe der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung mit der die Feldeffekt-Transistoren 15 angesteuert werden,
- Temperatur der Feldeffekt-Transistoren 15,
- Pegel der Signalspannung und

- Höhe der Signalfrequenz  
ein, wobei diese Einflußgrößen im gezeigten Ausführungsbeispiel durch die Mikrowellen-Schaltung 1 im Betrieb gemessen werden und als Meßgrößen in der
- 5 Steuervorrichtung 6 erfasst werden. Der D/A-Wandler stellt im gezeigten Ausführungsbeispiel die Spannungsversorgung der betreffenden Lichtquelle 2 ein und damit den Strom durch die Lichtquelle 2.
- 10 Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der Lichtquelle 2 von der Steuervorrichtung 6 geregelt. Dazu ist ein nahe neben dem betreffenden Feldeffekt-Transistor 15 angeordneter Sensor 8 vorgesehen. Der Sensor 8 mißt die Beleuchtungsstärke der
- 15 betreffenden Lichtquelle 2 und gibt diese an die Steuervorrichtung 6 weiter. Im Ausführungsbeispiel mißt der Sensor 8 auch die Temperatur im Bereich des betreffenden Feldeffekt-Transistors 15. In anderen Ausführungsbeispielen kann der Sensor 8 beispielsweise auf
- 20 dem Halbleiterchip 5 integriert sein. In weiteren Ausführungsbeispielen kann der Sensor 8 beispielsweise nur die Temperatur messen, wobei dann die Lichtstärke der betreffenden Lichtquelle 2 von der Steuervorrichtung 6 nur gesteuert werden kann.
- 25 Die Steuervorrichtung 6, welche im gezeigten Ausführungsbeispiel die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der betreffenden Lichtquelle 2 in Abhängigkeit der Meßgrößen, z. B.
- 30 - Polarität der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung, mit der die Feldeffekt-Transistoren 15 angesteuert werden,  
- Höhe der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung, mit der die Feldeffekt-Transistoren 15 angesteuert werden,
- 35 - Temperatur der Feldeffekt-Transistoren 15,  
- Pegel der Signalspannung und  
- Höhe der Signalfrequenz  
so regelt, daß die Schaltzeiten des betreffenden Feldeffekt-Transistors 15 über die zu erwartenden bzw.



zulässigen Wertebereiche der Einflußgrößen konstant ist, wählt die Lichtstärke dabei gerade so groß wie nötig und/oder die Wellenlänge der Lichtfarbe optimal ist. Die Wärmeentwicklung und der Temperatureinfluß der Lichtquelle  
5 2 auf den Feldeffekt-Transistor 15 wird dabei reduziert. Außerdem wird im gezeigten Ausführungsbeispiel die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe von der Steuervorrichtung 6 so ausgewählt, daß die Schaltzeiten des betreffenden Feldeffekt-Transistors 15 so kurz wie möglich sind.

10

Im Speicher 7 der Steuervorrichtung 6 ist für jeweils jede Kombination der vorkommenden Werte der verwendeten Meßgrößen, wobei auch nur eine Meßgröße verwendet werden kann, die optimale Lichtstärke und/oder Lichtfarbe  
15 abgelegt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe so optimal ausgewählt, daß eine möglichst kurze Schaltzeit erreicht wird, wobei die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe dabei so eingeregelt werden können, daß sich auch bei ungünstigsten Werten der  
20 Meßgrößen eine konstante Schaltzeit durch die Regelung der Lichtfarbe und/oder Lichtstärke einstellen läßt, die über alle zu erwartenden bzw. zulässigen Werte der Meßgrößen konstant ist.

25 Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Mikrowellen-Schaltung 1 bzw. die Lichtstärke und/oder die Lichtfarbe der Lichtquelle 2 vor einem Einsatz in beispielsweise einer Meßanordnung mittels einer erfindungsgemäßen Kalibriervorrichtung 20 kalibriert. Die an der  
30 Mikrowellen-Schaltung 1 angeschlossenen Kalibriervorrichtung 20 wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben.

Die Kalibriervorrichtung 20 weist im wesentlichen einen  
35 Signalgenerator 21 und einen Controller (Steuereinheit) 22 mit einem Speicher 25 auf. Der Signalgenerator 21 erzeugt das Eingangs-Hochfrequenz-Signal 16 und gibt dieses über einen Kalibrierenausgang 29 an den Eingang 9 der Mikrowellen-Schaltung 1 weiter. Der Controller 22 steuert

über einen Kalibrieranschluß 24, welcher mit dem Steueranschluß 11 verbunden ist, die Mikrowellen-Schaltung 1 bzw. die Steuervorrichtung 6, wobei er durch digitale Steuersignale zwischen den gewünschten Dämpfungswerten  
5 umschaltet und die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe einstellt. Das Ausgangs-Hochfrequenz-Signal 17 wird über einen mit dem Ausgang 10 verbundenen Kalibriereingang 30 dem Kontroller 22 zugeführt. Außerdem steuert der Kontroller 22 den Signalgenerator 21, wobei der  
10 Signalgenerator 21 die jeweils vom Kontroller 22 gewünschten Ausgangs-Hochfrequenz-Signale 16 erzeugt, und optional über einen Steueranschluß 23 eine Kühlung/Heizung 31 zur Änderung der Temperatur der Mikrowellen-Schaltung 1 bzw. der Feldeffekt-Transistoren 15.

15 Die erfindungsgemäße Kalibriervorrichtung 20, welche mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben wird, variiert nun mittels des Kontrollers 22 die Einflußgrößen, welche die Schaltzeit der Feldeffekt-Transistoren 15  
20 beeinflussen. Über den Signalgenerator 21 werden durch die Veränderung des Eingangs-Hochfrequenz-Signals 16 variiert und eingestellt:

- Polarität der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung, mit der die Feldeffekt-Transistoren 15  
25 angesteuert werden,
- Höhe der Signalspannung gegenüber der Steuerspannung, mit der die Feldeffekt-Transistoren 15 angesteuert werden,
- Pegel der Signalspannung und
- Höhe der Signalfrequenz.

30 Die Temperatur der Feldeffekt-Transistoren 15 kann optional vom Kontroller 22 durch die Heizung/Kühlung 31 variiert und eingestellt werden. Die Lichtstärke bzw. Lichtfarbe der Lichtquelle 2 wird vom Kontroller 22 über  
35 den Steueranschluß 11 und die Steuervorrichtung 6 variiert und eingestellt. Über die vom Sensor 8 über die Steuervorrichtung 6 und den Steueranschluß 11 übermittelte Temperatur ist der Kontroller 22 im Stande die Temperatur der Feldeffekt-Transistoren 15 zu regeln bzw. durch

Steuern der Heizung/Kühlung konstant zu halten oder zu verändern.

Die Werte der Einflußgrößen werden schrittweise variiert  
5 bzw. verändert und für jede Änderung wird die Schaltzeit  
des betreffenden Feldeffekt-Transistors 15 bestimmt, indem  
der Zeitpunkt des Schaltbefehls vom Kontroller 22 mit dem  
vom Kontroller 22 empfangenen Eintritt der Dämpfung im  
Ausgangs-Hochfrequenz-Signal 17 verglichen wird, wobei die  
10 Schrittweiten wählbar sind und die Wertebereiche der  
Einflußgrößen in vorhersehbaren bzw. zulässigen Bereichen  
liegen bzw. so gewählt sind. Beispielsweise wird jeweils  
eine Einflußgröße schrittweise verändert und gleichzeitig  
die anderen Einflußgrößen konstant gehalten. Die dabei  
15 auftretenden Werte der Einflußgrößen werden im Speicher 25  
gespeichert und dann ausgewertet, indem für jede  
Kombination der Werte der Meßgrößen Einstellwerte für die  
jeweils optimale Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der  
Lichtquelle 2 bestimmt werden, bei denen eine minimierte  
20 Schaltzeit über alle möglichen Wertekombinationen konstant  
gehalten werden kann. Die Auswertung wird in Form einer n-  
dimensionalen Tabelle entweder zuerst im Speicher 25  
gespeichert und dann an den Speicher 7 übertragen oder  
unmittelbar in den Speicher 7 geschrieben.

25 Der Kontroller 22 ist über einen Programmieranschluß 33  
beispielsweise von einem Computer (PC) 32 aus  
programmierbar. Über den Programmieranschluß 32 kann der  
Kontroller 22 auch gesteuert werden oder es können Daten  
30 aus dem Speicher 25 ausgelesen werden.

Die Erfindung ist nicht auf das Ausführungsbeispiel  
beschränkt. Die Merkmale des Ausführungsbeispiels können  
in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden.

**Ansprüche**

1. Elektronische Mikrowellen-Schaltung (1) mit GaAs-  
5 Feldeffekt-Transistoren (15), welche auf einem  
Halbleitersubstrat (5) integriert sind, zum Schalten von  
elektrischen Eingangs-Hochfrequenz-Signalen (16) und  
zumindest einer Lichtquelle (2) zum Beleuchten der GaAs-  
Feldeffekt-Transistoren (15),  
10 **dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Lichtstärke der Lichtquelle (2) und/oder die  
Lichtfarbe der Lichtquelle (2) im Betrieb veränderbar  
sind.
- 15 2. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Lichtquelle (2) abwechselnd und/oder gleichzeitig  
in unterschiedlichen Farben leuchten kann, insbesondere in  
Rot, Gelb, Grün, Weiß, Blau, Ultraviolett und Infrarot.
- 20 3. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach Anspruch 1  
oder 2,  
**gekennzeichnet durch,**  
eine Steuervorrichtung (6), welche die Lichtstärke der  
25 Lichtquelle (2) und/oder die Lichtfarbe der Lichtquelle  
(2) steuert oder regelt.
4. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
30 daß die Steuervorrichtung (6) die Lichtstärke und/oder die  
Lichtfarbe der Lichtquelle (2) in Abhängigkeit von  
zumindest einer oder einer Kombination von Meßgrößen  
steuert oder regelt.
- 35 5. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Meßgrößen sind:

- Polarität der Signalspannung des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16) gegenüber der Steuerspannung mit der die Feldeffekt-Transistoren (15) angesteuert werden
- Höhe der Signalspannung des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16) gegenüber der Steuerspannung, mit der die Feldeffekt-Transistoren (15) angesteuert werden
- Temperatur der Feldeffekt-Transistoren (15)
- Pegel der Signalspannung des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16),
- Höhe der Signalfrequenz des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16).

6. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach Anspruch 4 oder 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Steuervorrichtung (6) die Lichtstärke und/oder die Lichtfarbe der Lichtquelle (2) so steuert oder regelt, daß die Schaltzeiten der Feldeffekt-Transistoren (15) über den gesamten Bereich der im Betrieb vorkommenden Werte der verwendeten Meßgrößen konstant bleibt.

7. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Lichtstärke dabei gerade so groß wie nötig gewählt wird und/oder die Wellenlänge der Lichtfarbe optimiert, z. B. so klein wie möglich bzw. so energiereich wie möglich, gewählt wird.

8. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach Anspruch 6 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Schaltzeiten der Feldeffekt-Transistoren (15) dabei minimiert sind.

9. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach einem der Ansprüche 4 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Steuervorrichtung (6) einen Speicher (7) aufweist in dem die jeweils in Abhängigkeit der Werte der

verwendeten Meßgrößen optimale Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der Lichtquelle (2) für eine Mehrzahl von Werten der Meßgrößen abgelegt ist.

- 5 und daß die Steuervorrichtung (6) die Lichtstärke und/oder Lichtfarbe der jeweiligen Lichtquelle (2) aufgrund der in dem Speicher (6) abgelegten Werte der verwendeten Meßgrößen einstellt bzw. steuert oder regelt.

- 10 10. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

**gekennzeichnet durch,**

- zumindest einen Sensor (8) im Bereich des jeweiligen GaAs-Feldeffekt-Transistors (15) bzw. des jeweiligen Halbleitersubstrats (5), zum Erfassen der Lichtstärke  
15 und/oder der Temperatur.

11. Elektronische Mikrowellen-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

- 20 daß die elektronische Mikrowellen-Schaltung (1) eine Dämpfungsschaltung mit stufenweise schaltbarer Dämpfung bildet..

- 25 12. Kalibriervorrichtung (20) zum Kalibrieren der Lichtstärke und/oder Lichtfarbe einer im Betrieb in Lichtstärke und Lichtfarbe veränderbaren Lichtquelle (2) einer elektronischen Mikrowellen-Schaltung (1), welche durch die Lichtquelle (2) beleuchtbare GaAs-Feldeffekt-Transistoren (15) aufweist, mit

- 30 einem Signalgenerator (21) zur Erzeugung von Eingangs-Hochfrequenz-Signalen (16) an einem Kalibrierausgang (29), über den die Eingangs-Hochfrequenz-Signale (16) einem Eingang (9) der Mikrowellen-Schaltung (1) zugeführt werden,

- 35 einem Kalibriereingang (30) über den die durch die Mikrowellen-Schaltung (1) veränderten Hochfrequenz-Signale der Kalibriervorrichtung (20) wieder zugeführt werden, einer Steuereinheit (22), zum Steuern der Lichtquelle (2) und der Schaltungsvorgänge der Mikrowellen-Schaltung (1)

über einen Kalibrieranschluß (24) und des Signalgenerators (21), wobei die Steuereinheit (22) über den Kalibriereingang (30) eingegangene Ausgangs-Hochfrequenz-Signale (17) auswertet und das Ergebnis der Auswertung in  
5 einem Speicher (7) der Mikrowellen-Schaltung (1) ablegt.

13. Kalibriervorrichtung nach Anspruch 12,  
**gekennzeichnet durch,**  
einen Steueranschluß (23) zum Steuern einer  
10 Kühlung/Heizung (31) zum Kühlen oder Erwärmen der Feldeffekt-Transistoren (15).

14. Verfahren zum Betreiben einer Kalibriervorrichtung (20) an einer Mikrowellen-Schaltung (1) nach einem der  
15 Ansprüche 1 bis 11 mit folgenden Verfahrensschritten:

- Schrittweise Veränderung und Erfassung der Einflußgrößen:

- Lichtstärke und/oder
- Lichtfarbe

20 der Lichtquelle (2) der Mikrowellen-Schaltung (1) und zumindest einer der Meßgrößen

- Polarität der Signalspannung des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16) gegenüber der Steuerspannung mit der die Feldeffekt-Transistoren angesteuert werden

25 - Höhe der Signalspannung des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16) gegenüber der Steuerspannung mit der die Feldeffekt-Transistoren angesteuert werden

- Temperatur der Feldeffekt-Transistoren

30 - Pegel der Signalspannung des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16)

- Höhe der Signalfrequenz des zu schaltenden Hochfrequenz-Signals (16)

- Speicherung der Werte-Kombinationen bzw. Werte-Tupel der veränderten und erfassten Werte der Einflußgrößen und der  
35 Meßgrößen

- Auswertung der Werte-Kombinationen bzw. Werte-Tupel

- Übertragung der Auswerteergebnisse an die Mikrowellen-Schaltung (1)

15. Verfahren nach Anspruch 14,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Auswertung der Werte-Kombinationen bzw. Werte-  
Tupel so erfolgt, daß eine n-dimensionale Tabelle erzeugt  
5 wird, aus welcher für jede Kombination der einzelnen Werte  
der gemessenen Meßgrößen die jeweiligen Werte für eine  
optimale Lichtstärke und/oder optimale Lichtfarbe  
ausgelesen werden können.



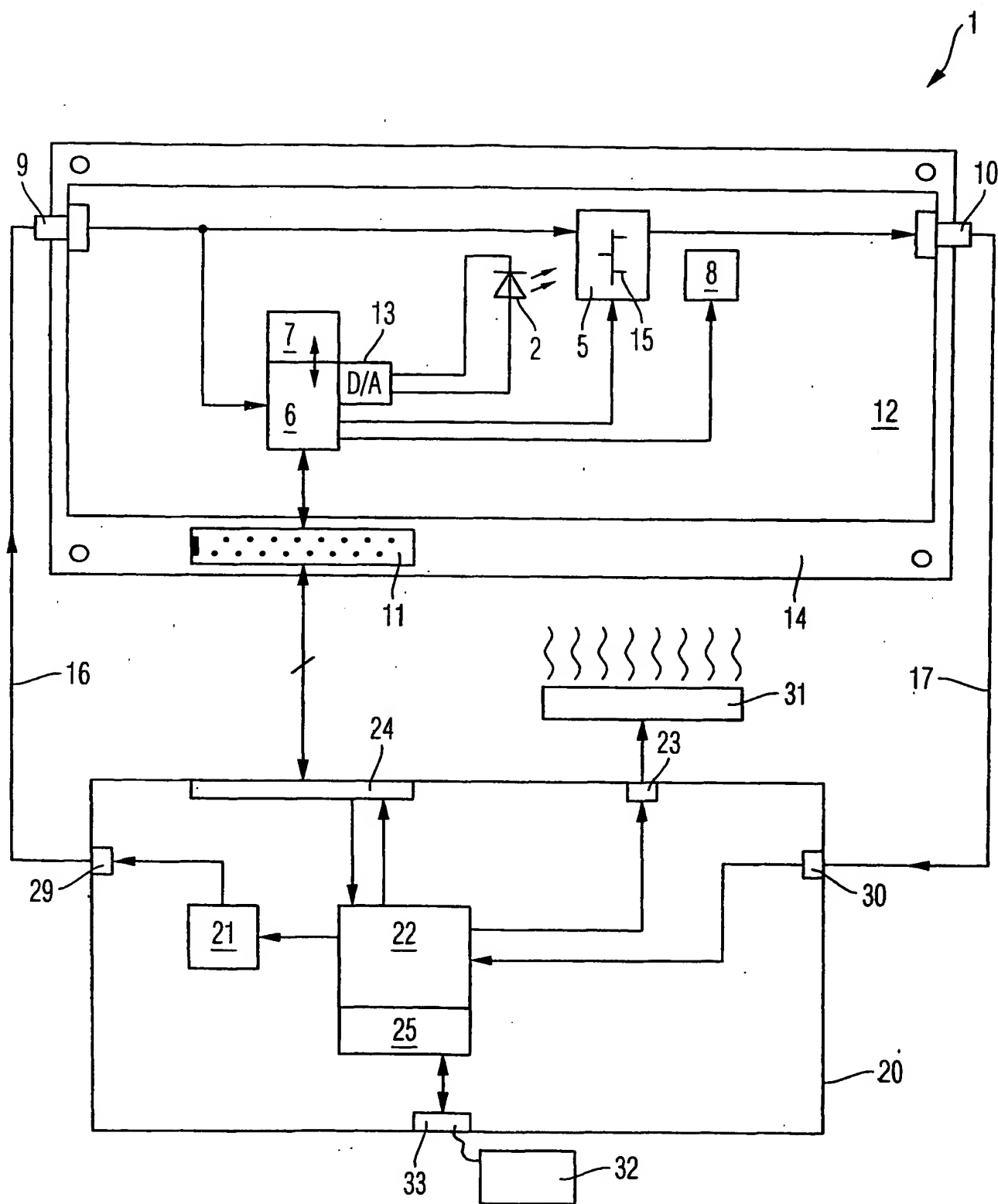


Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**